

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-331659

(43)Date of publication of application : 21.11.2003

(51)Int.Cl.

H01B 12/08

H01B 13/00

H01F 6/06

(21)Application number : 2002-141892

(71)Applicant : FUJIKURA LTD

(22)Date of filing : 16.05.2002

(72)Inventor : SUZUKI TOMOSHI

GOTO KENJI

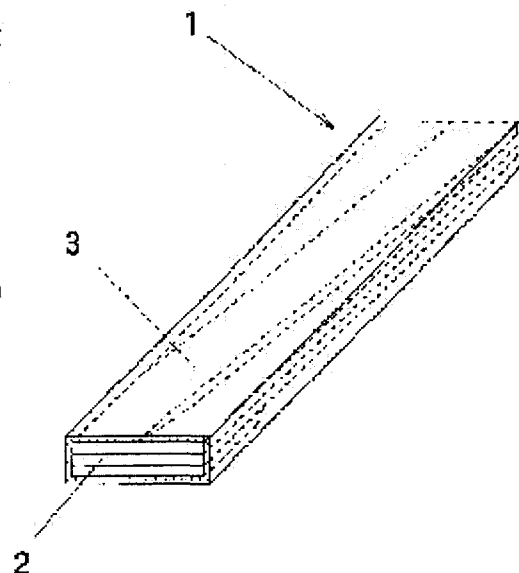
SAITO TAKASHI

(54) SUPERCONDUCTING TRANSITION SEGMENT CONDUCTOR, AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent transition twisting of a superconducting transition segment conductor used for a superconducting cable, owing to a bending processing upon the cable being manufactured, to enable individual conductors constituting the segment conductor to freely move, even when bending stress is applied thereto, and automatically continuously achieve sheathing of a setup type of resin applied on the superconductivity transition segment conductor.

SOLUTION: A plurality of straight angle superconductors, comprising a superconducting material, are constructed into a transition segment, and a curing type resinous sheathing is applied to the transition segment conductor, to obtain a superconducting transition segment conductor.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-331659

(P2003-331659A)

(43) 公開日 平成15年11月21日 (2003. 11. 21)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

データベース*(参考)

H 0 1 B 12/08
13/00Z A A
5 6 5H 0 1 B 12/08
13/00Z A A 5 G 3 2 1
5 6 5 D
5 6 5 F

H 0 1 F 6/06

H 0 1 F 5/08

B
N

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願2002-141892(P2002-141892)

(22) 出願日

平成14年5月16日 (2002. 5. 16)

(71) 出願人 000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(72) 発明者 鈴木 知史

東京都江東区木場1丁目5番1号 株式会
社フジクラ内

(72) 発明者 後藤 謙次

東京都江東区木場1丁目5番1号 株式会
社フジクラ内

(74) 代理人 100078824

弁理士 増田 竹夫

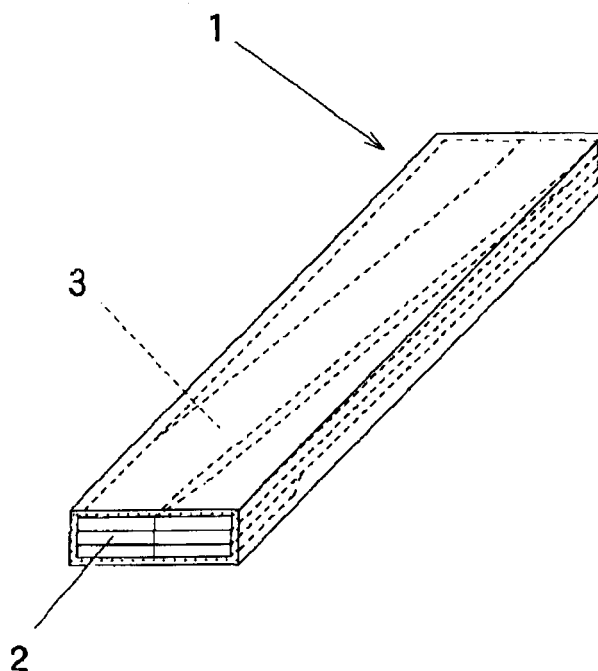
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超電導転位セグメント導体およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 超電導ケーブル等に用いられる超電導転位セグメント導体が、前記ケーブルの製造時の曲げ加工等により転位燃りが解けないようにすること、さらに曲げ歪み等が施されても前記セグメント導体を構成する個々の導体が自由に動くことができるようにすること、さらにまた前記超電導転位セグメント導体上に施す硬化型の樹脂被覆を、自動的に連続して行えるようにすること。

【解決手段】 超電導材料からなる複数本の平角状の超電導導体が転位セグメントに構成され、かつその転位セグメント導体には硬化型の樹脂被覆が施され超電導転位セグメント導体とすることによって、解決される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 超電導材料からなる複数本の平角状導体が転位セグメント導体に構成され、かつその転位セグメント導体表面に硬化型樹脂被覆が施されたことを特徴とする、超電導転位セグメント導体。

【請求項2】 前記超電導材料が、高温酸化物超電導導体或いはA15型の金属間化合物からなる超電導導体であることを特徴とする、請求項1に記載の超電導転位セグメント導体。

【請求項3】 前記硬化型樹脂被覆は、弾性率が0.01～50GPaであり、かつ被覆厚が10 μ m以上であることを特徴とする、請求項1または2のいずれかに記載の超電導転位セグメント導体。

【請求項4】 平角状の超電導導体を順次分線盤を通過させて集合し、ついで硬化型樹脂が充填された樹脂槽の入口側に設けられた燃合せダイスに導入して転位撚りを施して転位セグメント導体とした後、前記転位セグメント導体の表面に前記硬化型樹脂を被覆し、さらに前記樹脂槽の出口側に設けた調整ダイスによって被覆厚さを調整した後、硬化処理を施すことを特徴とする硬化型樹脂が被覆された超電導転位セグメント導体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は超電導転位セグメント導体並びにその製造方法に関し、前記転位セグメント導体の全体を硬化型樹脂によって被覆することによって、転位セグメント導体の安定性、機械的特性並びに生産性の向上を図ったものである。

【0002】

【従来の技術】従来のこの種の超電導転位セグメントとしては、テープ状の超電導導体の複数本を転位撚り合わせ、すなわち前記各超電導導体を長手方向に順次その位置を変えて撚り合わせることによって、この転位セグメントを用いた超電導線のインピーダンスが均等になるようにしていた。高温酸化物超電導体を用いた転位セグメント導体の場合について説明すると、例えばビスマス系の高温超電導体($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_x$ 等)を、銀シース等に充填し縮径加工等により所望のテープ形状に成形した後、必要により熱処理を施してビスマス系の高温超電導導体とし、これに絶縁被覆等を設けて超電導導体としていた。ついでこの超電導導体の複数本を長手方向に積層する段階で転位撚り加工を行い、そしてこれらの転位セグメント導体が解けないようにするために、適当な間隔、例えば10～15mmで、粘着テープ等を巻回して、ビスマス系高温酸化物超電導転位セグメント導体を製造していた。

【0003】しかしながら、このような構造の転位セグメント導体においては、転位セグメント導体に曲げ歪みが増えられた場合、前記セグメント導体を構成する個々

の導体が一体として振舞うために、特に外側の導体に大きな歪みが増えることになり、交流通電時における損失が大きくなる。また、個々の導体どうしの摩擦等によって曲げ半径が小さな場合、例えば曲率半径が50mm程度になると、内側の導体が膨らんでしまうようなことが生じる。さらに、この転位セグメント導体をフォーマ等にスパイラル状に巻き付けたりする時にピッチが小さい場合には、転位撚りが崩れたりすることが生じていた。また前記転位セグメント導体の製造は、前記粘着テープ等の巻回留めを手作業で行なっているので手間がかかり、生産性も悪いものであった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】よって本発明が解決しようとする課題は、超電導ケーブル等に用いられる超電導転位セグメント導体が、前記ケーブルの製造時の曲げ加工等により転位撚りが解けないようにすること、さらに曲げ歪み等が施されても前記セグメント導体を構成する個々の導体が自由に動くことができるようにすること、さらにまた前記超電導転位セグメント導体上に施す硬化型樹脂被覆を、自動的に連続して行えるようにすることにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】そして前記課題を解決するためには、請求項1に記載されるように超電導材料からなる複数本の平角状導体が転位セグメント導体に構成され、かつその転位セグメント導体表面に硬化型樹脂被覆が施されたことを特徴とする、超電導転位セグメント導体とすることによって、解決される。

【0006】また請求項2に記載されるように、前記超電導材料が高温酸化物超電導導体或いはA15型の金属間化合物の超電導導体とする超電導転位セグメント導体とすることによって、さらには請求項3に記載されるように、前記硬化型樹脂被覆の弾性率が0.01～50GPaであり、かつ被覆厚が10 μ m以上とする超電導転位セグメント導体とすることによって、解決される。

【0007】さらにまた請求項4に記載されるように、平角状の超電導導体を順次分線盤を通過させて集合し、ついで硬化型樹脂が充填された樹脂槽の入口側に設けられた燃合せダイスに導入して転位撚りを施して転位セグメント導体とした後、前記転位セグメント導体の表面に前記硬化型樹脂を被覆し、さらに前記樹脂槽の出口側に設けた調整ダイスによって被覆厚さを調整した後、硬化処理を施すことを特徴とする硬化型樹脂が被覆された超電導転位セグメント導体の製造方法とすることによって、解決される。

【0008】

【発明の実施の形態】つぎに本発明を詳細に説明する。請求項1に記載される発明は、超電導材料からなる複数本の平角状導体が転位セグメント導体として構成され、かつその転位セグメント導体表面に硬化型樹脂被覆が施

された超電導転位セグメント導体に関するもので、このような構造とすることによって、前記超電導転位セグメント導体の転位撚りが解けないようになり、そしてこれに曲げ歪み等が加わっても個々の超電導導体が自由に動くことができるようになる。このことは、前記超電導転位セグメント導体を構成する個々の超電導導体が一体として振舞うことがなくなるので、外側の導体に大きな歪み加わることなくなる。また、前記個々の導体どうしの摩擦等によって、曲げ半径が小さな場合には内側の導体が膨らんでしまうようなこともなくなる。さらに、この転位セグメント導体をフォーマ等にスパイラル状に巻回する場合も、ピッチが小さい場合に転位撚りが崩れたりすることが生じていた問題がなくなる。

【0009】図1を用いて説明する。1は、超電導転位セグメント導体で、平角状の超電導導体2が転位撚り合わされて構成され、その上には硬化型の樹脂が被覆3されて製造されるものである。図1では前記超電導導体2が6本の場合であるが、本数はその用途によって適宜選定されるものである。そして前記超電導導体2は、ビスマス系の高温酸化物超電導体として、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 系や $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_x$ 系のものが、イットリウム系高温超電導体として、 $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 系等の高温酸化物超電導体或いはその原料粉末が銀シース中に充填され、これを平角状にダイス等により成形加工し、必要により焼成することによって製造される。通常この超電導導体は、さらに多数本を銀シース等に配置し、前述と同様に成形加工が繰り返されて、極細多芯の超電導線として使用されるものである。なお前記シース材料としては、銀(Ag)以外にも白金(Pt)、金(Au)等の貴金属の単体並びに合金や強化銀(Ag-0.2Wt%Mg-0.3Wt%Sb)も使用できる。また、金属間化合物系の超電導体として、A15型と称される Nb_3Sn 、 Nb_3Al や V_3Ga 等の超電導体を成形加工して、平角状の超電導導体とするものである。大きさは例えば、厚さ0.05~2mm×幅1~10mm程度のものである。

【0010】このような平角状の超電導導体は例えば、6本を図1に示すように2列に積み上げられ、順次エッジ方向に転位させて、超電導転位セグメント導体1としたものである。そしてこの超電導転位セグメント導体は、種々の方法によって全体に樹脂被覆3が施される。この樹脂被覆は硬化型の樹脂を用いるもので、熱硬化型、紫外線硬化型や室温硬化型のものである。具体的には、シリコーン樹脂、ウレタン樹脂、ポリアミド樹脂、エポキシ樹脂等の弾力性に富んでいるものが好ましい。このような硬化型樹脂は、弾力性は前記超電導導体と比較して小さなものであり、好ましい。また前記樹脂被覆3の形成方法としては、塗布、吹き付け等によって、被覆することができる。このように硬化型樹脂が被覆された超電導転位セグメント導体は、可撓性を有しかつ曲げ

歪みを受けても転位セグメントが解けることがない。

【0011】以上のように構成された超電導転位セグメント導体1は、前記セグメント全体にわたり硬化型樹脂の被覆3を設けたものであるから、これに曲げ加工等を加えてもその形状を十分に保持することができる。また前記超電導転位セグメント導体の個々の超電導導体は自由に動くことができるので、前記超電導導体のふくらみの問題や大きな圧縮力等の歪みがかかることもない。このような本発明の超電導転位セグメント導体は、可撓性に優れたものとなりあたかも1本の導体と同様に扱うことが可能となるものである。なお、このような超電導転位セグメント導体は、その用途として超電導ケーブル、超電導変圧器、超電導マグネット、超電導限流器等に使用することができる。

【0012】さらに請求項2乃至3に記載される好ましい超電導転位セグメント導体1について説明すると、請求項2に記載される高温酸化物系超電導導体やA15の金属間化合物からなる超電導導体を用いることによって、超電導転位セグメント導体は、線材の幾何的配置の差異により、偏流せず高電流を通電できることになり、また請求項3に記載されるように、前記硬化型樹脂の弾性率を0.01~50GPaとし、さらにその被覆厚さを10 μm 以上とすることによって、曲げ加工を施した場合に前記樹脂の破損を防止できることとなり、超電導転位セグメント導体の解れが全くない可撓性に優れたものとなり、また前記転位セグメントを構成する各超電導導体が、曲げ歪み等に対して自由に動くことを阻害したり、小さな極率で大きな曲げが印加されることもなくなり、好ましいものとなる。例えば、厚さ0.3mmで、幅1.5mm程度の平角状の超電導導体を、曲率半径が50mmに曲げられるような場合にも十分対応できるようになる。なお前記硬化型樹脂の弾性率は、0.01~10GPaの範囲とするのが、可撓性からより好ましいものである。

【0013】つぎに請求項4に記載する製造方法について述べると、平角状の超電導導体を順次分線盤を通過させて集合し、ついで硬化型樹脂が充填された樹脂槽の入口側に設けられた撚合せダイスに導入して転位撚りを施して転位セグメント導体とした後、前記転位セグメント導体の表面に前記硬化型樹脂を被覆し、さらに前記樹脂槽の出口側に設けた調整ダイスによって被覆厚さを調整した後、硬化処理を施す硬化型樹脂が被覆された超電導転位セグメント導体の製造方法に関するものである。このような製造方法とすることにより、超電導転位セグメント導体を、自動化して効率よく製造することができるようになる。

【0014】図2を用いて説明する。ここで説明する例は、室温硬化型の樹脂被覆3を形成した超電導転位セグメント導体を製造する場合である。0.24mm×1.9mmの銀シース被覆ビスマス系酸化物超電導体からな

る平角状の超電導導体2は、図2の左方から順次送出され4の分線盤を通過して集合され、硬化型樹脂が充填された樹脂槽5の入口側に設けられた転位撚合せダイス6によって、図1に示されるような転位セグメントに成形され、樹脂槽5を通過中に紫外線硬化型の樹脂であるデソライトR1166（JSR社の商品名）が、樹脂被覆3される。ついで、前記樹脂槽5の出口側に設けた調整ダイス7によって、被覆厚さの調整がなされ、そのまま大気中に導かれ硬化されて巻取られる。なお前記被覆厚さは、約 $10\mu\text{m}$ であった。このようにして、紫外線硬化型の樹脂被覆が施された超電導転位セグメント導体（ $0.8\text{mm}\times 3.9\text{mm}$ ）が、得られることになる。以上のような製造方法とすることによって、製造ラインを完全に自動化することが可能となり、従来のように前記転位セグメント導体に解れ防止の押さえ巻を手作業で行う必要がなくなり、大幅に生産性が向上できる。

【0015】なお前述の説明では、被覆樹脂として紫外線硬化型の樹脂の場合について説明したが、熱硬化型の樹脂（例えばシリコン樹脂、エポキシ樹脂等）を用いる場合には、前記樹脂槽5の後に加熱処理を行うゾーンを設けることによって、同様に製造することができる。また、前述のような紫外線硬化型の樹脂被覆を形成させる場合には、前記樹脂槽5と紫外線照射部を一つの部屋の中に配置することによって、同様に樹脂被覆された超電導転位セグメント導体を製造することが可能となる。

【0016】このような製造方法とすることによって、得られた超電導転位セグメント導体は、このような転位セグメント導体に曲げ加工等を加えてもその形状を十分に保持することができ、また前記転位セグメント導体の個々の導体は、それぞれが自由に動くことができるので、前記超電導導体のふくらみの問題や大きな圧縮力等の歪みがかかることもなくなる。このように本発明の超電導転位セグメント導体は、可撓性に優れたものとなり、あたかも1本の導体と同様に扱うことが可能となる。また、以上のような製造方法とすることによって、製造ラインを完全に自動化することが可能であり、従来のように前記転位セグメント導体に解れ防止のための、粘着テープ等を手作業で巻回する必要もなくなり、生産性が大幅に向上する。

【0017】

【実施例】本発明の実施例を記載して効果について述べる。

【0018】実施例1：高温超電導材料であるビスマス系の酸化物超電導導体（ $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ ）からなる厚さ 0.24mm で幅が 1.9mm の銀シース平角状超電導導体6本を、図1のように転位撚りした転位セグメント導体を作製し、これに厚さ $10\mu\text{m}$ の紫外線硬化型樹脂（商品名「デソライトR1166」）を被覆して、硬化型樹脂被覆したビスマス系超電導転位セグメント導体を得た。このものについて、ポビ

ンへの巻き返しのような繰返し曲げ加工を加えて、前記転位セグメント導体の状態を観察したところ、この超電導転位セグメント導体はあたかも1本の超電導導体のような可撓性を有し、各超電導導体が解ける等の転位セグメントがバラけることが全くないものであった。また前記各導体どうしの摩擦による超電導導体の変形や破損も全く生じていなかった。さらに前記のような曲げ加工を繰返し受けた後の各高温超電導導体の特性劣化（臨界電流値の低下等の現象）も見られなかった。

【0019】実施例2：超電導ケーブルの線材として応用した例について述べる。図3に示すような直径 20mm のステンレス製のフォーマに、厚さ 0.24mm で幅が 1.90mm の、銀シース被覆ビスマス系高温超電導導体からなる導体6本を転位撚りし、その上にシリコン樹脂系の熱硬化型樹脂（信越化学社製の商品名「シリコン樹脂KE1843」）を $30\mu\text{m}$ 厚さ被覆した超電導転位セグメント導体15本を、スパイラル状にピッチ $100\text{mm}\sim 1000\text{mm}$ の範囲で巻回配置し、その上に不織布を絶縁被覆して超電導ケーブルとした。比較例として、前記と同様の超電導転位セグメント導体を用い、硬化型樹脂被覆の代わりに粘着テープを 10mm 間隔で解れ防止として施した超電導ケーブルについて、前記転位セグメント導体の各導体に係るスパイラルピッチに依存する歪み（%）を比較した。

【0020】結果を図4に示した。この図から明らかな如く、本発明の硬化型樹脂被覆超電導転位セグメント導体は、粘着テープによって解れないようにした比較例の転位セグメント導体に比較してスパイラルピッチに対する歪み（%）が、各スパイラルピッチ例えば 100mm 、 200mm 、 400mm 、 600mm において、 60% 以上小さくなっていることが判る。このことは、本発明の前記転位セグメント導体が小さな曲げ半径で曲げられても、特性劣化がないことを示している。よって、本発明の硬化型樹脂被覆超電導転位セグメント導体は、小さなピッチで巻き付けが可能であり、マグネット等のコイルとして十分使用可能なことが判る。

【0021】実施例3：次に製造方法の実施例について述べる。厚さ 0.24mm で幅が 1.9mm の銀シースビスマス系超電導導体6本を、順次左方から $2\text{m}/\text{min}$ の速度で送出し、分線盤4を通過させて集合し、室温硬化型樹脂が充填された樹脂槽5の入口側に設けられた転位撚合せダイス6によって、転位セグメントに成形され、樹脂槽5を通過させて前記硬化型樹脂を被覆した。ついで、前記樹脂槽5の出口側に設けた調整ダイス7によって、被覆厚さ $10\mu\text{m}$ に調整し、そのまま大気中で硬化させて、硬化型樹脂被覆が施された厚さ 0.8mm で幅が 3.9mm の超電導転位セグメントを製造した。この超電導転位セグメント導体について、フラットワイズの曲げ加工を施し、超電導転位セグメント導体の臨界電流値を測定して、その性能を調べた。

【0022】結果は、前記超電導転位セグメント導体は曲げ加工に対して転位セグメントが解れることはなかった。また、臨界電流値についても、全く問題のないものであった。そしてこのような製造方法とすることによって、製造ラインを自動化することができ、硬化型の樹脂被覆の厚さも自由に調整することができ、その製造速度も従来のように前記転位セグメント導体に解れ防止の押さえ巻きを手作業で行うものと比較して、3倍以上であった。さらに、本発明の製造方法によれば超電導導体その種類に関係なく、必要数使用して超電導転位セグメント導体を製造することができることになる。

【0023】

【発明の効果】本発明は請求項1に記載されるように、超電導材料からなる複数本の平角状導体が転位セグメントに構成され、かつその転位セグメントには硬化型樹脂被覆が施された超電導転位セグメント導体とすること、また請求項2に記載されるように、前記超電導材料が、高温酸化物超電導導体或いはA15型の金属間化合物からなる超電導導体とすること、さらに請求項3に記載されるように、前記硬化型樹脂被覆は、弾性率が0.01～50GPa（好ましくは0.01～10GPa）であって、10μm以上の厚さに被覆する超電導転位セグメント導体としたので、前記超電導転位セグメント導体の転位撚りが解けないようにすることができ、また曲げ歪み等を施しても個々の導体が自由に動くことができるので、超電導転位セグメント導体を構成する個々の導体が一体として振舞うことによる外側の導体に大きな歪みが加わることもない。また、前記転位セグメント導体を構成する個々の導体同士の摩擦等によって、曲げ半径が小さな場合にも内側の導体が膨らんでしまうようなこともなくなる。さらに、この超電導転位セグメント導体をフォーマ等にスパイラル状に巻き付けたりする場合に、そのピッチを小さくしても転位撚りが崩れたりすることがない等の、優れた超電導転位セグメント導体とすることができる。そしてこのような超電導転位セグメント導体

は、その用途として超電導ケーブル、超電導変圧器、超電導マグネット、超電導限流器等に使用することができる。

【0024】また本発明は請求項4に記載されるように、平角状の超電導導体を順次分線盤を通過させて集合し、ついで硬化型樹脂が充填された樹脂槽の入口側に設けられた撚合せダイスに導入して転位撚りを施して転位セグメント導体とした後、前記転位セグメント導体の表面に前記硬化型樹脂を被覆し、さらに前記樹脂槽の出口側に設けた調整ダイスによって被覆厚さを調整した後、硬化処理を施す硬化型樹脂が被覆された超電導転位セグメント導体の製造方法としたので、前記転位セグメント導体への粘着テープ等による解れ防止のための巻回作業を、手作業で行う必要がなくなり、また製造ラインを完全に自動化することが可能となるので、生産性の大幅な向上が見られた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の超電導転位セグメント導体の概略を示す断面図である。

【図2】本発明の超電導転位セグメント導体の製造方法の一例を示す概略図である。

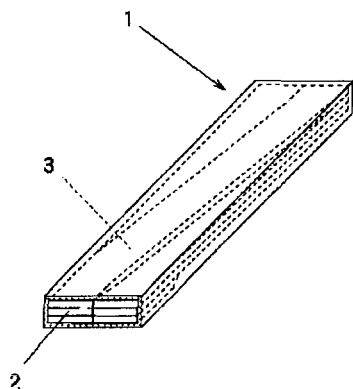
【図3】本発明の超電導転位セグメント導体を用いた、超電導ケーブルの概略を示す図面である。

【図4】図3に示した超電導ケーブルの各導体に係る歪みを、スパイラルピッチごとに示すグラフである。

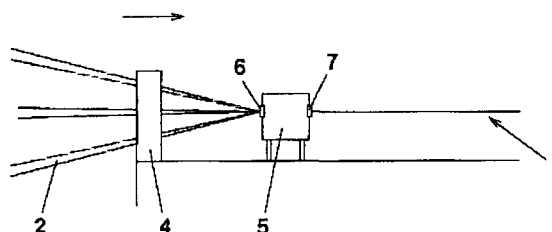
【符号の説明】

- 1 超電導転位セグメント導体
- 2 超電導導体
- 3 樹脂被覆
- 4 分線盤
- 5 樹脂槽
- 6 転位撚合せダイス
- 7 調整ダイス
- 8 フォーマ
- 9 絶縁被覆

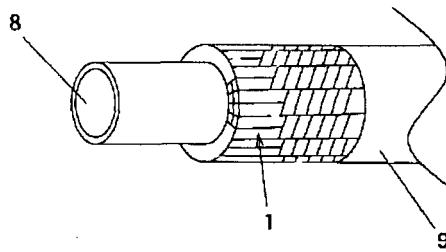
【図1】



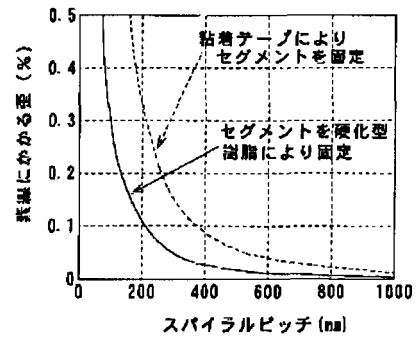
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 斉藤 隆
東京都江東区木場1丁目5番1号 株式会
社フジクラ内

Fターム(参考) 5G321 AA01 AA11 BA01 BA02 BA03
CA16 CA18 CA48